

**Noncontact distance-measuring system having at least one coil and method of noncontact distance measuring operating either on the basis of eddy currents or by inductance**

Patent Number: ☐ [US5629619](#)  
Publication date: 1997-05-13  
Inventor(s): MEDNIKOV FELIX (RU)  
Applicant(s): MICRO EPSILON MESSTECHNIK (DE)  
Requested Patent: ☐ [DE4225968](#)  
Application Number: US19940331478 19941031  
Priority Number(s): DE19924225968 19920806; WO1993DE00703 19930806  
IPC Classification: G01B7/14; G01D5/20  
EC Classification: [G01D5/20B2](#), [G01D5/22B2](#)  
Equivalents: ☐ [EP0654140](#) (WO9403778), JP7506190T, JP8012082B, ☐ [WO9403778](#)

---

**Abstract**

---

PCT No. PCT/DE93/00703 Sec. 371 Date Oct. 31, 1994 Sec. 102(e) Date Oct. 31, 1994 PCT Filed Aug. 6, 1993 PCT Pub. No. WO94/03778 PCT Pub. Date Feb. 17, 1994A noncontact distance measuring system with a sensor (2) that draws on alternating current and has a measuring coil (1), an electronic supply/evaluation circuit (3) connected with the sensor (2), and an electrically and/or magnetically conductive test object (4) associated to the sensor (2), the measuring coil being packaged in a preferably cylindrical housing, and the test object (4) at least partially surrounding the coil housing (5) and being movable in its longitudinal direction, is structured so as to reduce the overall length and to avoid the output impedance of the measuring coil from the position of the test object, in that the test object (4) is designed as a ring (6) surrounding the coil housing (5) at a distance, that the measuring coil (1) has at least two voltage taps (7), so that depending on the number of voltage taps (7) either voltage values can be tapped sequentially between the individual voltage taps (7) and a reference potential (8), and that the electronic supply/evaluation circuit (3) includes an electronic component (10) for adding up the tapped voltage values to a total voltage correlating with the position of the test object (4), or individual voltages between the voltage taps (7) can be tapped sequentially, and that the electronic supply/evaluation circuit (3) includes an electronic component (9) for adding up the tapped individual voltages to increasing voltage values and a further electronic component (10) for once again adding up the voltage values to a total voltage correlating with the position of the test object.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 25 968 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 B 7/02**  
G 01 D 5/20  
B 23 Q 17/22  
F 15 B 15/28

②1 Aktenzeichen: P 42 25 968.1  
②2 Anmeldetag: 6. 8. 92  
④3 Offenlegungstag: 10. 2. 94

DE 42 25 968 A 1

⑦1 Anmelder:

Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co KG, 94496  
Ortenburg, DE

⑦4 Vertreter:

Naumann, U., Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw.,  
69115 Heidelberg

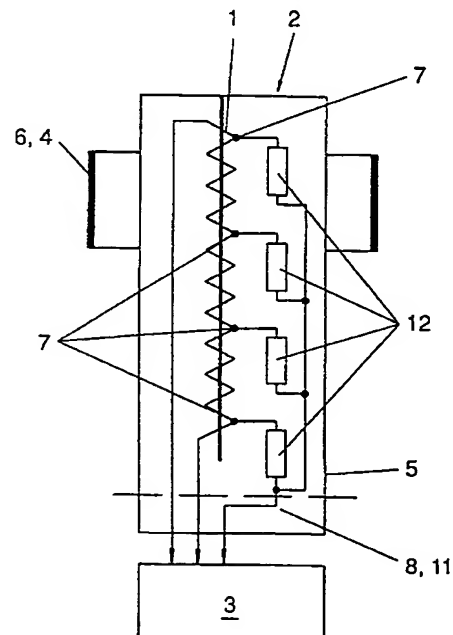
⑦2 Erfinder:

Erfinder wird später genannt werden

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Berührungslos arbeitendes Wegmeßsystem und Verfahren zur berührungslosen Wegmessung

⑤7 Ein berührungslos arbeitendes Wegmeßsystem mit einem mit Wechselstrom beaufschlagbaren, eine Meßspule (1) aufweisenden Sensor (2), einer mit dem Sensor (2) verbundenen Versorgungs-/Auswertelektronik (3) und einem dem Sensor (2) zugeordneten, elektrisch und/oder magnetisch leitenden Meßobjekt (4), wobei die Meßspule (1) in einem vorzugsweise zylindrischen Spulengehäuse (5) gekapselt ist und wobei das Meßobjekt (4) das Spulengehäuse (5) zumindest teilweise umgibt und in dessen Längsrichtung bewegbar ist, ist zur Verringerung der Baulänge und Vermeidung der Ausgangsimpedanz der Meßspule von der Position des Meßobjekts derart ausgebildet, daß das Meßobjekt (4) als das Spulengehäuse (5) mit Abstand umgreifender Ring (8) ausgeführt ist, daß die Meßspule (1) mindestens zwei Spannungsabgriffe (7) aufweist, so daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe (7) entweder der Reihe nach Spannungswerte jeweils zwischen den einzelnen Spannungsabgriffen (7) und einem Referenzpotential (8) abgreifbar sind, und daß die Versorgungs-/Auswertelektronik (3) ein elektronisches Bauteil (10) zum Addieren der abgegriffenen Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts (4) korrelierenden Gesamtspannung umfaßt oder der Reihe nach Einzelspannungen zwischen den Spannungsabgriffen (7) abgreifbar sind und daß die Versorgungs-/Auswertelektronik (3) ein elektronisches Bauteil (9) zum Addieren der abgegriffenen Einzelspannungen zu aufsteigenden Spannungswerten als auch ein weiteres ...



DE 42 25 968 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 93 308 066/209

8/48

Die Erfindung betrifft ein berührungslos arbeitendes Wegmeßsystem mit einem mit Wechselstrom beaufschlagbaren, eine Meßspule aufweisenden Sensor, einer mit dem Sensor verbundenen Versorgungs-/Auswertelektronik und einem dem Sensor zugeordneten, elektrisch und/oder magnetisch leitenden Meßobjekt, wobei die Meßspule in einem vorzugsweise zylindrischen Spulengehäuse gekapselt ist und wobei das Meßobjekt das Spulengehäuse zumindest teilweise umgibt und in dessen Längsrichtung bewegbar ist. Des weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur berührungslosen Wegmessung durch ein entsprechendes Wegmeßsystem.

Berührungslos arbeitende Wegmeßsysteme sind seit Jahren aus der Praxis in unterschiedlichsten Ausführungsformen bekannt. Sie lassen sich nach ihrer prinzipiellen Funktionsweise einerseits in Wegmeßsysteme auf Wirbelstrombasis, induktive und kapazitive Wegmeßsysteme, andererseits in optische oder akustische Wegmeßsysteme gliedern.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf berührungslose Wegmeßsysteme mit einem mindestens eine Spule aufweisenden Sensor, also auf Wegmeßsysteme, die entweder auf Wirbelstrombasis oder induktiv arbeiten.

Für sich ist bereits aus der DE-A-38 01 828 ein Verschiebungsfühler bekannt, bei dem ein Dauermagnet an einem lebenden Körper angebracht und als Maß für die Bewegung oder Schwingung des lebenden Körpers die Änderung des Flusses des Dauermagneten gemessen wird. Dieser bekannte Verschiebungsfühler weist gemäß der Darstellung in Fig. 2 ein Gehäuse und eine in dem Gehäuse eingesetzte nicht magnetische leitende Abschirmkapsel auf. Gemäß der Darstellung in Fig. 3 handelt es sich bei der Abschirmkapsel um einen dielektrischen thermoplastischen Kunststoff. Desweiteren sind innerhalb des Gehäuses Induktionsspulen vorgesehen. Die Abschirmkapsel dient in erster Linie dazu, daß eine Verarbeitungsschaltung durch elektromagnetische bzw. elektrische Felder des Verschiebungsfühlers nicht gestört bzw. beeinflusst wird.

Weiter ist aus der DE-B-19 00 894 — für sich — ein Verfahren zur Herstellung eines induktiven Meßumformers zur Abstandsmessung bekannt. Dabei offenbart die in Rede stehende Druckschrift auch Sensoren, wobei diese Sensoren einerseits von einer Metallhülse umgeben sind, andererseits auf ihrer Meßseite durch ein Epoxy-Harz geschützt sind.

Des weiteren sind aus der Praxis bereits sog. Wirbelstrom-Langwegsensoren bekannt, die bspw. in Hydraulik- und Pneumatikzylindern zur Weg- und Positionsmessung von Kolben oder Ventilen eingesetzt werden. Des weiteren erfolgt durch Langwegsensoren der in Rede stehenden Art eine Wegmessung an Pressen, Stanzen, Walzgerüsten, etc. In Hydraulik- und Pneumatikzylindern sind die Sensoren druckfest gekapselt und die Gehäuse aus rostfreiem Stahl gefertigt. Das dort angewandte Wirbelstrommeßprinzip arbeitet berührungsfrei. Die Sensoren unterliegen damit keinem mechanischen Verschleiß. Als Meßobjekt dient ein Aluminiumrohr, das konzentrisch und berührungsfrei über einem Stab bewegt wird. Im Inneren des Stabes ist eine Spule geschützt gegen Umgebungseinflüsse angeordnet. Durch Induktion von Wirbelströmen im Aluminiumrohr wird der Spule Energie entzogen und sie damit verstimmt.

Eine integrierte miniaturisierte Elektronik wandelt die Rohrposition in ein lineares elektrisches Ausgangssignal von in der Regel zwischen 4 und 20 mA um. Zur Speisung des Sensors ist eine DC-Spannung zwischen 15 und 30 Volt vorgesehen. Die aus der Praxis bekannten Langwegsensoren sind jedoch insoweit problematisch, als das als Meßobjekte dienende Aluminiumrohr insgesamt über den die Spule aufnehmenden Stab geschoben wird.

Will man die gesamte Spulenlänge als Meßlänge ausnutzen, so muß das Aluminiumrohr nahezu vollständig über den Stab weggeschoben werden, so daß sich eine nahezu aus der Länge des Stabes und des Aluminiumrohres ergebende Baulänge des Langwegensors bzw. des in Rede stehenden Wegmeßsystems ergibt.

Hinzu kommt eine Problematik dahingehend, daß bei den in Rede stehenden Langwegsensoren die Ausgangsimpedanz der Meßspule stets von der Position des Meßobjektes bzw. des als Meßobjekt dienenden Aluminiumrohres abhängig ist. Folglich hat hier eine aufwendige Kompensation durch eine entsprechende Elektronik zu erfolgen, was wiederum konstruktiv aufwendig ist und daher enorme Kosten verursacht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein berührungslos arbeitendes Wegmeßsystem anzugeben, welches bei geringer Baulänge und einfacher Konstruktion eine Meßspule aufweist, deren Ausgangsimpedanz unabhängig von der Position des Meßobjektes ist. Des weiteren soll ein entsprechendes Verfahren zur berührungslosen Wegmessung angegeben werden.

Das erfindungsgemäße, berührungslos arbeitende Wegmeßsystem löst die zuvor aufgezeigte Aufgabe durch die Merkmale der nebengeordneten Patentansprüche 1 und 2. Danach ist das erfindungsgemäße Wegmeßsystem derart ausgebildet, daß das Meßobjekt als das Spulengehäuse mit Abstand umgreifender Ring ausgeführt ist. Des weiteren weist die Meßspule mindestens zwei Spannungsabgriffe auf, so daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe der Reihe nach Spannungswerte jeweils zwischen den einzelnen Spannungsabgriffen und einem Referenzpotential abgreifbar sind und daß die Versorgungs-/Auswertelektronik ein elektronisches Bauteil zum Addieren der abgegriffenen Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjektes korrelierenden Gesamtspannung umfaßt.

Alternativ zu der voranstehend beschriebenen Ausführungsform kann das erfindungsgemäße Wegmeßsystem auch derart ausgebildet sein, daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe der Reihe nach Einzelspannungen zwischen den Spannungsabgriffen abgreifbar sind und daß die Versorgungs-/Auswertelektronik ein elektronisches Bauteil zum Addieren der abgegriffenen Einzelspannungen zu aufsteigenden Spannungswerten sowie ein weiteres elektronisches Bauteil zum abermaligen Addieren der Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjektes korrelierenden Gesamtspannung umfaßt.

Erfindungsgemäß ist zunächst erkannt worden, daß sich die Baulänge des berührungslos arbeitenden Wegmeßsystems insbesondere im Hinblick auf eine volle Ausnutzung der Meßlänge dadurch erheblich verringern läßt, daß das Meßobjekt als ein das Spulengehäuse mit Abstand umgreifender Ring ausgebildet ist. Dadurch weist das Meßobjekt eine nur geringe Baulänge auf, wird somit über das die Meßspule enthaltende Spulengehäuse nicht hinausgeschoben. Des weiteren läßt sich in erfindungsgemäßer Weise der Aufenthaltsort des als Meßobjekt dienenden Ringes dadurch eindeutig er-

mitteln, daß die Spule mindestens zwei, vorzugsweise mehrere, Spannungsabgriffe aufweist, so daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe der Reihe nach Spannungswerte jeweils zwischen den einzelnen Spannungsabgriffen und einem Referenzpotential abgreifbar sind. Die Versorgungs- bzw. Auswertelektronik weist des weiteren ein elektronisches Bauteil zum Addieren der abgegriffenen Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts korrelierenden Gesamtspannung auf. Alternativ dazu könnten entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe der Reihe nach Einzelspannungen zwischen den Spannungsabgriffen abgreifbar sein. Die Versorgungs- bzw. Auswertelektronik müßte dann ein elektronisches Bauteil zum Addieren der abgegriffenen Einzelspannungen zu aufsteigenden Spannungswerten aufweisen. Des weiteren wäre ein elektronisches Bauteil zum abermaligen Addieren der aus Einzelspannungen bereits aufaddierten Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts korrelierenden Gesamtspannung vorgesehen.

Das erfindungsgemäße Wegmeßsystem ist entsprechend der voranstehend erläuterten alternativen Ausgestaltungen so ausgelegt, daß die Impedanz der Meßspule im Meßbereich nicht von der Position des Bildschirms abhängt. Folglich bleibt der durch die Meßspule fließende Strom für jede Position des als Meßobjekt dienenden Ringes unverändert. Das Signal am Ausgang des Bauteils zum Addieren der Spannungswerte ist entsprechend linear abhängig von der Position bzw. Koordinate des über das Spulengehäuse hinweg bewegbaren Ringes.

Im Hinblick auf die Addition der zwischen den Spannungsabgriffen abgreifbaren Einzelspannungen ist es von Vorteil, wenn den einzelnen Spannungsabgriffen ein Differenzverstärker für die abgegriffenen Einzelspannungen nachgeschaltet ist. Der Ausgang dieses Differenzverstärkers könnte mit dem weiteren elektronischen Bauteil zum abermaligen Addieren der Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts korrelierenden Gesamtspannung verbunden sein bzw. dieses elektronische Bauteil speisen.

Das elektronische Bauteil zum Addieren der Spannungswerte könnte in besonders vorteilhafter Weise als summierender Verstärker ausgeführt sein. Dieser summierende Verstärker könnte wiederum einen invertierenden Eingang aufweisen.

Im Hinblick auf ein sicheres Detektieren des als Objekt dienenden Ringes ist es von weiterem Vorteil, wenn die Spannungsabgriffe bzw. die zwischen den Spannungsabgriffen liegenden Spulenabschnitte so gewählt sind, daß Einzelspannungen bei Abwesenheit des Ringes zumindest weitgehend identisch sind. Folglich läßt sich die Position des Ringes dadurch ermitteln, daß genau zwischen denjenigen Spannungsabgriffen, zwischen denen der Ring angeordnet ist, eine andere Spannung abgreifbar ist. Diese Spannung geht entsprechend ihrer Position und aufgrund der Addition zu einer Gesamtspannung in die additiv gebildete Gesamtspannung ein, so daß eine Abweichung der Gesamtspannung entsprechend der Häufigkeit der veränderten Einzelspannung in der Gesamtspannung auftritt.

In weiter vorteilhafter Weise sind zwischen die einzelnen Spannungsabgriffe und einem gemeinsamen Meßwertabgriff Widerstände geschaltet, die auf der dem jeweiligen Spannungsabgriff abgewandten Seite zum Meßabgriff hin miteinander gekoppelt sind. Folglich findet hier bereits eine Verknüpfung der Einzelspannungen durch den gewählten Spannungsabgriff

statt.

Im Hinblick auf eine fehlerfreie Ermittlung der Position des Ringes ist es von weiterem Vorteil, wenn die Widerstände einen zumindest weitgehend identischen Nennwert aufweisen. Dieser Nenn- bzw. Widerstandswert liegt in weiter vorteilhafter Weise um etwa zwei Ordnungen höher als der Ausgangswiderstand der Spule. Sowohl die Widerstände als auch die mit Spannungsabgriffen versehene Meßspule ist innerhalb des Spulengehäuses angeordnet, wodurch sich abermals eine nur geringe Baugröße des Wegmeßsystems bzw. Sensors ergibt.

Im Hinblick auf eine eindeutige Ermittlung der Position des als Meßobjekt dienenden Ringes könnte dieser eine maximal dem Abstand zwischen zwei benachbarten Spannungsabgriffen entsprechende Breite aufweisen, so daß der Ring zwischen zwei Spannungsabgriffen stets eindeutig lokalisierbar ist.

Im Hinblick auf die Ermittlung einer Spannungsänderung zwischen zwei Spannungsabgriffen läßt sich die Meßspule über vorzugsweise zwei Widerstände an eine Brückenschaltung anschließen, so daß bei Veränderung eines abgegriffenen Spannungswertes kein Abgleich der Brücke mehr stattfindet.

Zur Verringerung eines Temperaturfehlers lassen sich verschiedene Maßnahmen treffen. So könnte die Meßspule von einer Wechselspannungsquelle symmetrisch gespeist werden, wobei eine zusätzliche Speisung durch eine Gleichspannungsquelle bei nachfolgender Trennung der Gleich- und Wechselspannungskomponenten der Ausgangsspannung nach deren Addition erfolgt. Nach der Demodulation der Wechselspannungskomponente, die zur Positionsänderung des Ringes proportional ist, wird die Gleichspannungskomponente mit entsprechendem Übertragungsfaktor subtrahiert, wobei dieser Übertragungsfaktor zur Eichung selektiert wird. Zur Kompensation eines Temperaturfehlers könnte der Ring auch eine in seinem Inneren angeordnete, mit einer Wechselspannung beaufschlagbare Kompensationsspule aufweisen, deren Beaufschlagung entsprechend einem auftretenden Temperaturgradienten verändert wird.

Hinsichtlich der grundsätzlichen Funktionsweise des erfindungsgemäßen Wegmeßsystems könnte dieses grundsätzlich induktiv oder nach dem Wirbelstromprinzip arbeiten. Die Meßspule könnte in ganz besonders vorteilhafter Weise einen ferromagnetischen Spulenkern aufweisen. Der als Meßobjekt dienende Ring könnte aus einem Werkstoff mit geringem spezifischem elektrischem Widerstand, bspw. aus Aluminium, hergestellt sein.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird hinsichtlich des erfindungsgemäßen Verfahrens wahlweise durch die Merkmale der Patentansprüche 21 oder 22 gelöst. Danach werden entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe der Reihe nach Spannungswerte jeweils zwischen den einzelnen Spannungsabgriffen und einem Referenzpotentials abgegriffen und die abgegriffenen Spannungswerte werden zu einer mit der Position des Meßobjekts korrelierenden Gesamtspannung addiert. Alternativ dazu könnten entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe der Reihe nach Einzelspannungen zwischen den Spannungsabgriffen abgegriffen werden, so daß die abgegriffenen Einzelspannungen zu aufsteigenden Spannungswerten addiert und abermals zu einer mit der Position des Meßobjektes korrelierenden Gesamtspannung addiert werden.

Wesentlich ist jedenfalls, daß die Position des als

Meßobjekt dienenden Ringes eindeutig dadurch bestimmbar ist, daß sich die Einzelspannung zwischen zwei Spannungsabgriffen dann verändert, wenn der Ring sich zwischen den Spannungsabgriffen befindet. Aufgrund der vorzunehmenden Addition sämtlicher Einzelspannungen in aufsteigender Reihe zu Spannungswerten, die von einer Seite der Meßspule her wiederum aufaddiert werden, läßt sich entsprechend der Häufigkeit der veränderten Einzelspannung in der Gesamtsumme die Position des Ringes feststellen.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die den Patentansprüchen 1 und 2 nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 in schematischer Darstellung, teilweise, ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wegmeßsystems,

Fig. 2 in schematischer Darstellung, im Sinne eines Blockschaltbildes, die Spannungsabgriffe zum Abgriff der Spannungswerte zwischen einzelnen Spannungsabgriffen und einem Referenzpotential,

Fig. 3 das Wegmeßsystem aus Fig. 1 mit einem die Einzelspannungen summierenden Verstärker,

Fig. 4 das Wegmeßsystem aus Fig. 1 mit einem Anschluß an eine Brückenschaltung,

Fig. 5 das Wegmeßsystem aus Fig. 1 bei symmetrischer Beaufschlagung durch eine Wechselspannungsquelle und

Fig. 6 das Wegmeßsystem aus Fig. 1 mit Temperaturkompensation.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen berührungslos arbeitenden Wegmeßsystems mit einem mit Wechselstrom beaufschlagbaren, eine Meßspule 1 aufweisenden Sensor 2, einer mit dem Sensor 2 verbundenen Versorgungs-/Auswerteelektronik 3 und einem dem Sensor 2 zugeordneten, elektrisch und/oder magnetisch leitenden Meßobjekt 4, wobei die Meßspule 1 in einem zylindrischen Spulengehäuse 5 gekapselt ist und wobei das Meßobjekt 4 das Spulengehäuse 5 umgibt und in dessen Längsrichtung bewegbar ist.

Erfindungsgemäß ist das Meßobjekt 4 als das Spulengehäuse 5 mit Abstand umgreifender Ring 6 ausgeführt. Die Meßspule 1 weist im hier gewählten Ausführungsbeispiel mehrere Spannungsabgriffe 7 auf, so daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe 7 der Reihe nach Spannungswerte jeweils zwischen den einzelnen Spannungsabgriffen 7 und einem Referenzpotential abgreifbar sind. Die Versorgungs-/Auswerteelektronik 3 weist ein elektronisches Bauteil zum Addieren der abgegriffenen Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts 4 korrelierenden Gesamtspannung auf.

Fig. 2 zeigt im Sinne eines Blockschaltbildes einerseits den Abgriff von Einzelspannungen  $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5$  zwischen den Spannungsabgriffen 7 sowie die Summation der Einzelspannungen  $U_1$  bis  $U_5$  zu aufsteigenden Spannungswerten  $U_a, U_b, U_c, U_d, U_e$ , so daß die Spannungswerte durch ein weiteres elektronisches Bauteil abermals zu einer Gesamtspannung addiert werden, die dann aufgrund der Häufigkeit der durch den Ring 6

verursachten Spannungsänderung zwischen zwei Spannungsabgriffen 7 in der Gesamtsumme bzw. Gesamtspannung einen entsprechenden Wert einnimmt. Dadurch läßt sich die Position des Ringes 6 eindeutig bestimmen.

Fig. 3 zeigt besonders deutlich, daß den Spannungsabgriffen 7 ein Differenzverstärker 9 für die abgegriffenen Einzelspannungen nachgeschaltet ist. Der Ausgang des Differenzverstärkers 9 ist mit dem weiteren elektronischen Bauteil 10 zum abermaligen Addieren der Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts 4 bzw. 6 korrelierenden Gesamtspannung verbunden. Das elektronische Bauteil 10 kann als summierender Verstärker mit vorzugsweise invertierendem Eingang ausgeführt sein.

Fig. 1 zeigt des weiteren, daß zwischen die einzelnen Spannungsabgriffe 7 und einem gemeinsamen Meßwertabgriff 11 Widerstände 12 geschaltet sind, die auf der dem jeweiligen Spannungsabgriff 7 abgewandten Seite zum Meßwertabgriff 11 hin miteinander gekoppelt sind. Diese Widerstände 12 weisen einen zumindest weitgehend identischen Nennwert auf, der um etwa zwei Ordnungen höher liegt als der Ausgangswiderstand der Meßspule 1 insgesamt.

In Fig. 1 ist des weiteren angedeutet, daß die Widerstände 12 gemeinsam mit der Meßspule 1 und den Spannungsabgriffen 7 innerhalb des Spulengehäuses 5 angeordnet sind. Den Figuren läßt sich des weiteren entnehmen, daß der Ring 6 eine Breite aufweist, die maximal dem Abstand zwischen zwei benachbarten Spannungsabgriffen 7 entspricht. Dadurch läßt sich die Lage des Ringes 6 zwischen den Spannungsabgriffen 7 eindeutig ermitteln.

Gemäß der Darstellung in Fig. 4 ist das erfindungsgemäße Wegmeßsystem über zwei Widerstände 13, 14 an eine Brückenschaltung angeschlossen. Gemäß der Darstellung in Fig. 5 wird die Meßspule 1 von einer Wechselspannungsquelle 15 her symmetrisch gespeist. Gemäß der Darstellung in Fig. 6 ist zusätzlich eine Gleichspannungsquelle 16 zur überlagernden Beaufschlagung der Meßspule 1 vorgesehen.

Nachfolgend wird einerseits auf die Funktionsweise, andererseits auf besondere Details des erfindungsgemäßen Wegmeßsystems Bezug genommen.

Für die Wechselstromspannung am Ausgang des Differenzverstärkers 9 oder summierenden Verstärkers gilt bei Fehlen des als Meßobjekt 4 dienenden Ringes 6 die folgende allgemeine Beziehung:

$$\dot{U}_z \sim \frac{\dot{U} \sim \cdot K \cdot \left[ \sum_{i=1}^n i \dot{Z}_i + n \cdot \dot{Z}_0 \right]}{\sum_{i=1}^n i \dot{Z}_i + 2 \dot{Z}_0},$$

wobei  $U \sim$  die Speisespannung und  $K$  den Verstärkungsfaktor des summierenden Verstärkers 10 darstellen und wobei

$$\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = \dots \dot{Z}_n = Z; K = \frac{Z_0}{Z}$$

für  $\dot{Z}_0$  = der Gesamt Widerstand der Anfangssectionen der Meßspule und  $\dot{Z}_1, \dots \dot{Z}_n$  = die Gesamt widerstände der Bereiche der Meßspule zwischen den Meßabgriffen ( $\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = \dots \dot{Z}_n$ ).

Aus der voranstehenden Beziehung folgt, daß aufgrund eines Überlagerns des Ringes 6 einzelner Spulenabschnitte die Widerstandsgröße  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  verändert werden, so daß die Ausgangsspannung bzw. aufaddierte Gesamtspannung proportional zur Position bzw. Koordinate des Ringes 6 ist.

Folglich ist die Linearität der Ausgangswerte bzw. Gesamtspannung im Hinblick auf die Position des Ringes 6 stets gewährleistet, zumal der Gesamtwiderstand der Meßspule 1 bei beliebigen Positionen des Ringes 6 bei gleichem Betrag des durch die Meßspule 1 fließenden Stromes identisch bleibt. Die Breite des Ringes 6 kann bspw. um etwa 10% kürzer gewählt werden als der Abstand zwischen zwei Spannungsabgriffen 7, so daß bei einer Verschiebung des Ringes 6 der Gesamtwiderstand der Meßspule 1 unter Berücksichtigung der durch die Widerstände  $Z_1, \dots, Z_n$  fließenden Ströme unverändertlich bleibt.

Gemäß der Darstellung in Fig. 4 ist die Meßspule 1 an eine Brückenschaltung mittels zusätzlicher Widerstände 13, 14 geschaltet. Sofern die Widerstände 13, 14 den gleichen Nennwert aufweisen und der Ring 6 in der Mitte der Meßspule 1 angeordnet ist, wird die am Ausgang der Brücke auftretende Spannung zu Null abgeglichen sein. Eine Verschiebung des Ringes 6 in eine der beiden Richtungen führt dann zu einer Störung des Brückenabgleichs, so daß ein Ausgangssignal bzw. eine Ausgangsspannung vorliegt, wobei sich die Signalphase verändert.

Fig. 5 zeigt in schematischer Weise die Beaufschlagung der Meßspule 1 über die Wechselspannungsquelle 15. Hier ist die am Ausgang des Wegmeßsystems anliegende Spannung bei einer Position des Ringes 6 in der Mitte der Meßspule 1 ebenfalls Null.

Gemäß der Darstellung in Fig. 6 ist eine Temperaturskompensation bei auftretendem Temperaturgradienten entlang der Meßspule 1 vorgesehen. Dazu wird die Meßspule 1 gleichzeitig von der Wechselspannungsquelle 15 und einer Gleichspannungsquelle 16 beaufschlagt. Ein summierender Verstärker 17 summiert dabei die Wechsel- und Gleichspannungskomponenten, die von den Abgriffen der Meßspule 1 abgreifbar sind. Das so entstehende Ausgangssignal des Verstärkers 17 wird auf zwei Kanäle 18, 19 verteilt. Im Wechselstromkanal 18 erfolgt mit Hilfe eines weiteren Verstärkers 20 die Verstärkung der Wechselstromkomponente des Signals. Im Gleichstromkanal 19 wird das Ausgangssignal des Verstärkers 17 anhand eines Niederfrequenzfilters 21 und eines Gleichstromverstärkers 22 verstärkt.

Das Ausgangssignal des Verstärkers 20 wird mit Hilfe eines Demodulators 23 demoduliert und gefiltert und schließlich dem invertierenden Eingang eines Differentialverstärkers 24 zugeführt. Dem nicht invertierenden Eingang des Differentialverstärkers 24 wird entsprechend das Signal des Gleichstromverstärkers 22 zugeführt.

Bei Abwesenheit eines Temperaturgradienten ist das am Ausgang des Gleichstromverstärkers 22 anliegende Signal gleich Null und eine Abhängigkeit von der Position des Ringes 6 ist nicht gegeben. In diesem Falle bleibt der Ausgangswert der Meßspule 1 unverändert.

Beim Auftreten eines Temperaturgradienten entlang der Meßspule 1 entsteht am Ausgang des Gleichstromverstärkers 22 eine Spannung, die proportional zum Temperaturgradienten ist. Diese Spannung wird aus dem Ausgangssignal des Demodulators 23 mit Hilfe des Differentialverstärkers 24 subtrahiert, wodurch der Einfluß des Temperaturgradienten kompensiert wird. Der

notwendige Koeffizient zur Temperaturkompensation im Gleichstromkanal wird durch die Wahl des Verstärkungsfaktors des Gleichstromverstärkers 22 bei einer voranzuschaltenden Eichung des Wegmeßsystems vorgegeben.

Das Spulengehäuse 5 sollte einen möglichst hohen spezifischen Widerstand bei hoher Temperaturleitfähigkeit aufweisen. Die Dicke der Gehäusewand sollte wesentlich geringer als die Eindringtiefe der Wirbelströme sein.

Der als Meßobjekt dienende Ring 6 muß ein Werkstoff mit niedrigem spezifischem Widerstand sein, um eine möglichst hohe Empfindlichkeit zu erzielen. Die unmittelbar im Spulengehäuse 5 angeordneten Widerstände 12 sollten hochstabilisiert sein und im Bereich zwischen 10 und 20 k $\Omega$  liegen. Bei einem Anschluß des Wegmeßsystems an die zuvor erwähnte Brückenschaltung sollten die Widerstände 13, 14 einen Nennwert von etwa 1 k $\Omega$  aufweisen.

#### Patentansprüche

1. Berührungslos arbeitendes Wegmeßsystem mit einem mit Wechselstrom beaufschlagbaren, eine Meßspule (1) aufweisenden Sensor (2), einer mit dem Sensor (2) verbundenen Versorgungs-/Auswerteelektronik (3) und einem dem Sensor (2) zugeordneten, elektrisch und/oder magnetisch leitenden Meßobjekt (4), wobei die Meßspule (1) in einem vorzugsweise zylindrischen Spulengehäuse (5) gekapselt ist und wobei das Meßobjekt (4) das Spulengehäuse (5) zumindest teilweise umgibt und in dessen Längsrichtung bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßobjekt (4) als das Spulengehäuse (5) mit Abstand umgreifender Ring (6) ausgeführt ist, daß die Meßspule (1) mindestens zwei Spannungsabgriffe (7) aufweist, so daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe (7) der Reihe nach Spannungswerte jeweils zwischen den einzelnen Spannungsabgriffen (7) und einem Referenzpotential (8) abgreifbar sind, und daß die Versorgungs-/Auswerteelektronik (3) ein elektronisches Bauteil (10) zum Addieren der abgegriffenen Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts (4) korrelierenden Gesamtspannung umfaßt.

2. Berührungslos arbeitendes Wegmeßsystem mit einem mit Wechselstrom beaufschlagbaren, eine Meßspule (1) aufweisenden Sensor (2), einer mit dem Sensor (2) verbundenen Versorgungs-/Auswerteelektronik (3) und einem dem Sensor (2) zugeordneten, elektrisch und/oder magnetisch leitenden Meßobjekt (4), wobei die Meßspule (1) in einem vorzugsweise zylindrischen Spulengehäuse (5) gekapselt ist und wobei das Meßobjekt (4) das Spulengehäuse (5) zumindest teilweise umgibt und in dessen Längsrichtung bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Meßobjekt (4) als das Spulengehäuse (5) mit Abstand umgreifender Ring (6) ausgeführt ist, daß die Meßspule (1) mindestens zwei Spannungsabgriffe (7) aufweist, so daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe (7) der Reihe nach Einzelspannungen zwischen den Spannungsabgriffen (7) abgreifbar sind und daß die Versorgungs-/Auswerteelektronik (3) ein elektronisches Bauteil (10) zum Addieren der abgegriffenen Einzelspannungen zu aufsteigenden Spannungswerten sowie ein weiteres elektronisches



Bauteil (10) zum abermaligen Addieren der Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts (4) korrelierenden Gesamtspannung umfaßt.

3. Wegmeßsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß den Spannungsabgriffen (7) ein Differenzverstärker (9) für die abgegriffenen Einzelspannungen nachgeschaltet ist und daß der Ausgang des Differenzverstärkers (9) mit dem weiteren elektronischen Bauteil (10) zum abermaligen Addieren der Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts (4) korrelierenden Gesamtspannung verbunden ist.

4. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das elektronische Bauteil (10) zum Addieren der Spannungswerte als summierender Verstärker (17) mit vorzugsweise invertierendem Eingang ausgeführt ist.

5. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsabgriffe (7) bzw. die zwischen den Spannungsabgriffen (7) liegenden Spulenabschnitte so gewählt sind, daß Einzelspannungen bei Abwesenheit des Ringes (6) zumindest weitgehend identisch sind.

6. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen die einzelnen Spannungsabgriffe (7) und einem gemeinsamen Meßwertabgriff (11) Widerstände (12) geschaltet sind, die auf der dem jeweiligen Spannungsabgriff (7) abgewandten Seite zum Meßwertabgriff (11) hin miteinander gekoppelt sind.

7. Wegmeßsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände (12) einen zumindest weitgehend identischen Nennwert aufweisen.

8. Wegmeßsystem nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände (12) einen Nenn- bzw. Widerstandswert aufweisen, der um etwa zwei Ordnungen höher liegt als der Ausgangswiderstand der Meßspule (1).

9. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände (12) gemeinsam mit der Meßspule (1) und den Spannungsabgriffen (7) innerhalb des Spulengehäuses (5) angeordnet sind.

10. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (6) eine maximal dem Abstand zwischen zwei benachbarten Spannungsabgriffen (7) entsprechende Breite aufweist.

11. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (6) genau dem Abstand zwischen zwei benachbarten Spannungsabgriffen (7) entsprechende Breite aufweist, so daß der Gesamtausgangswiderstand der Meßspule (1) ungeachtet der Position des Ringes (6) unveränderbar ist.

12. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspule (1) über zwei Widerstände (13, 14) an eine Brückenschaltung angeschlossen ist.

13. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspule (1) von einer Wechselspannungsquelle (15) symmetrisch gespeist wird.

14. Wegmeßsystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspule (1) zusätzlich an eine Gleichspannungsquelle (16) angeschlossen ist.

15. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis

14, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (6) eine in seinem Inneren angeordnete, mit einer Wechselspannung beaufschlagbare Kompensationsspule aufweist.

16. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (2) induktiv arbeitet.

17. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (2) nach dem Wirbelstromprinzip arbeitet.

18. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspule (1) einen ferromagnetischen Spulenkern aufweist.

19. Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (6) aus einem Werkstoff mit geringem spezifischem elektrischem Widerstand hergestellt ist.

20. Wegmeßsystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (6) aus Aluminium hergestellt ist.

21. Verfahren zur berührungslosen Wegmessung durch ein Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe (7) der Reihe nach Spannungswerte jeweils zwischen den einzelnen Spannungsabgriffen (7) und einem Referenzpotential (8) abgegriffen und die abgegriffenen Spannungswerte zu einer mit der Position des Meßobjekts (4) korrelierenden Gesamtspannung addiert werden.

22. Verfahren zur berührungslosen Wegmessung durch ein Wegmeßsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß entsprechend der Anzahl der Spannungsabgriffe (7) der Reihe nach Einzelspannungen zwischen den Spannungsabgriffen (7) abgegriffen, die abgegriffenen Einzelspannungen zu aufsteigenden Spannungswerten addiert und abermals zu einer mit der Position des Meßobjekts (4) korrelierenden Gesamtspannung addiert werden.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

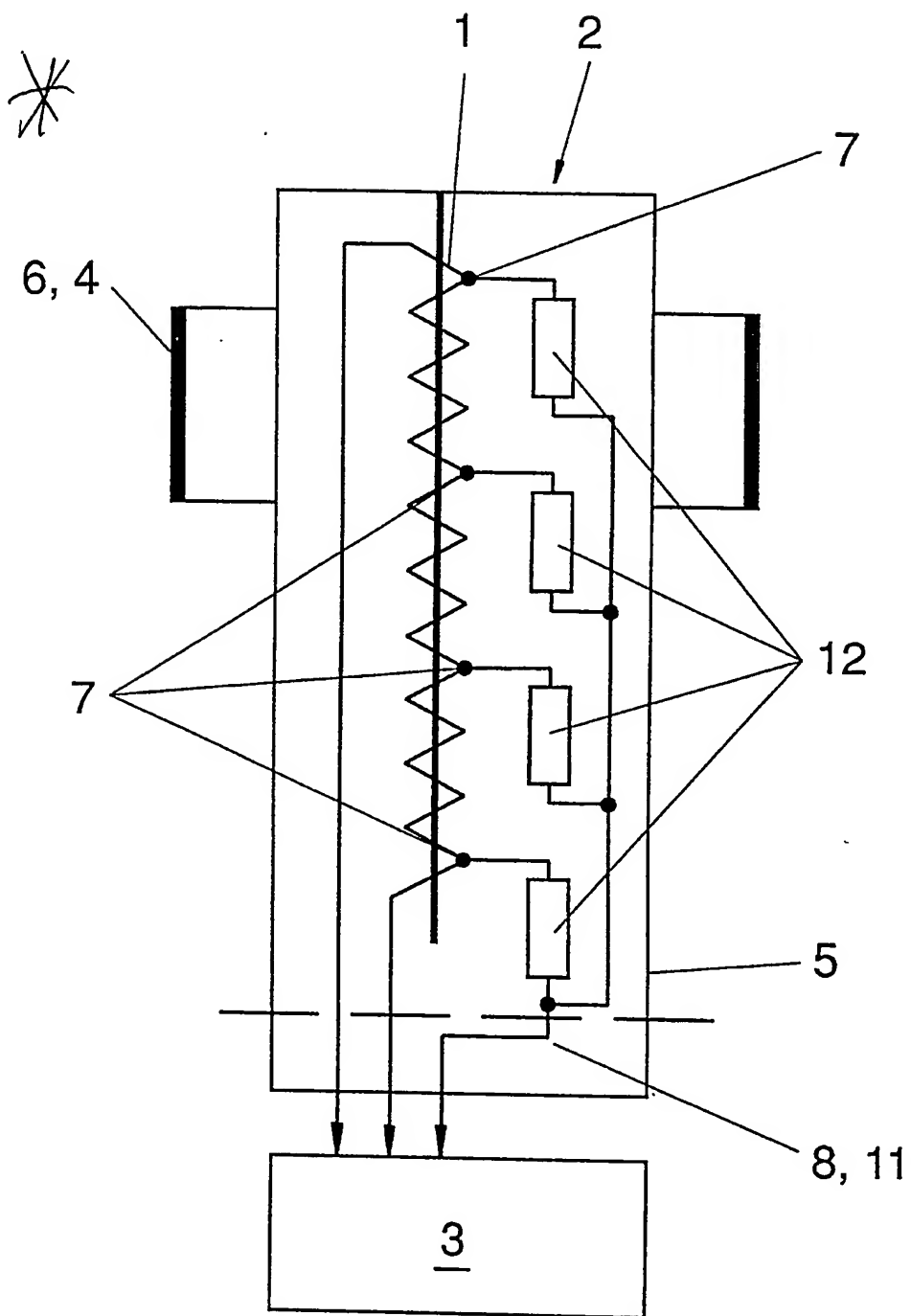


Fig. 1



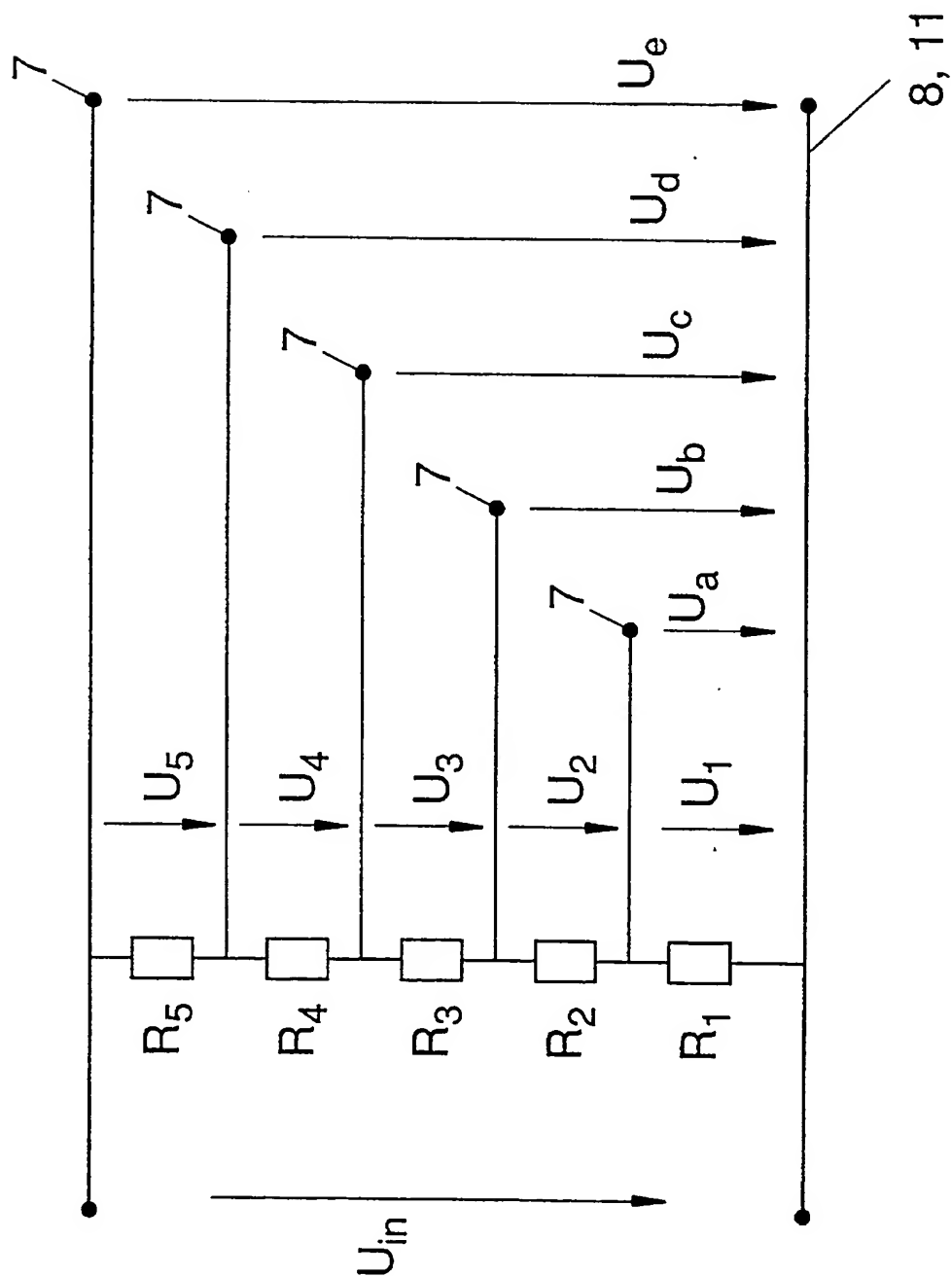


Fig. 2

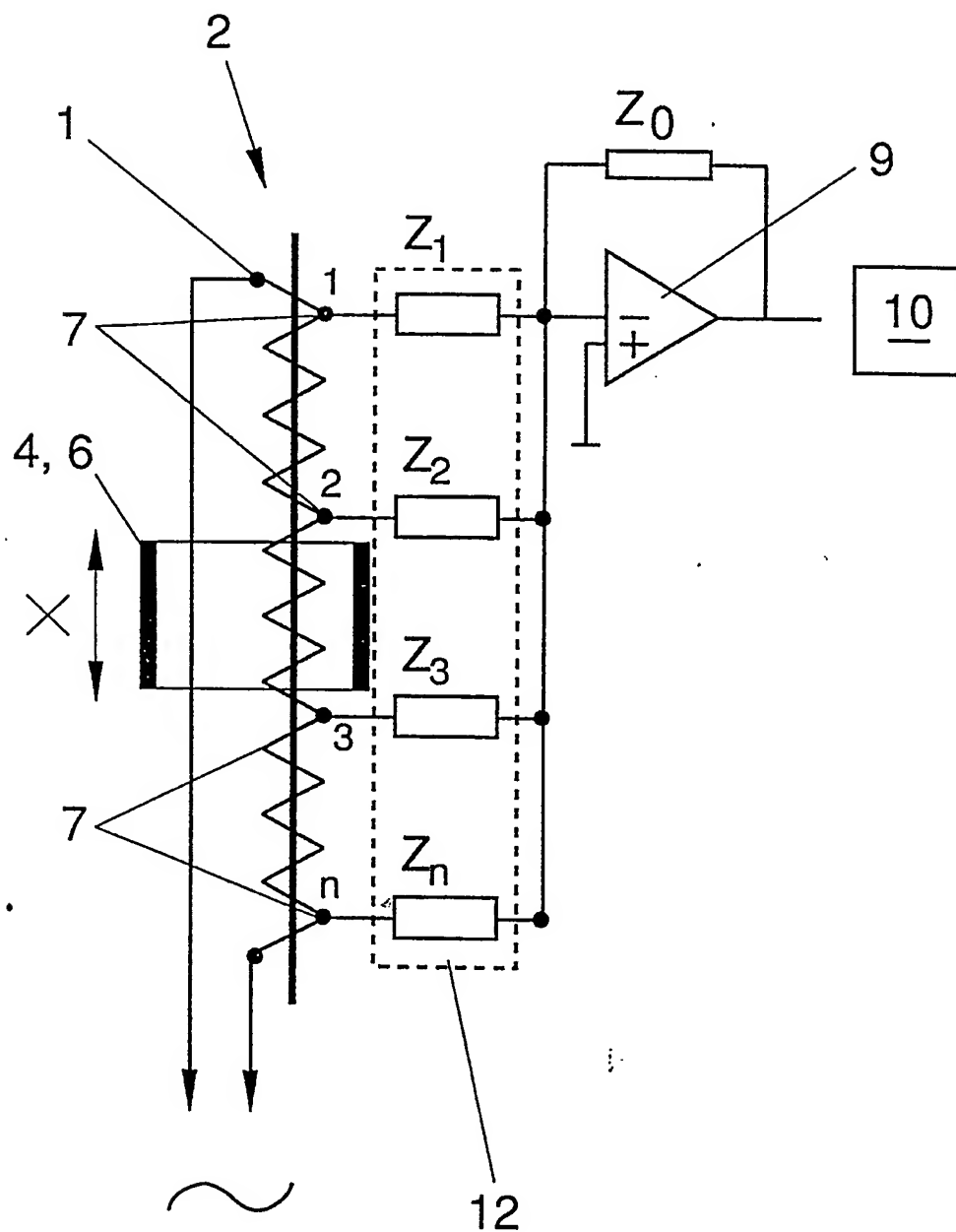


Fig. 3

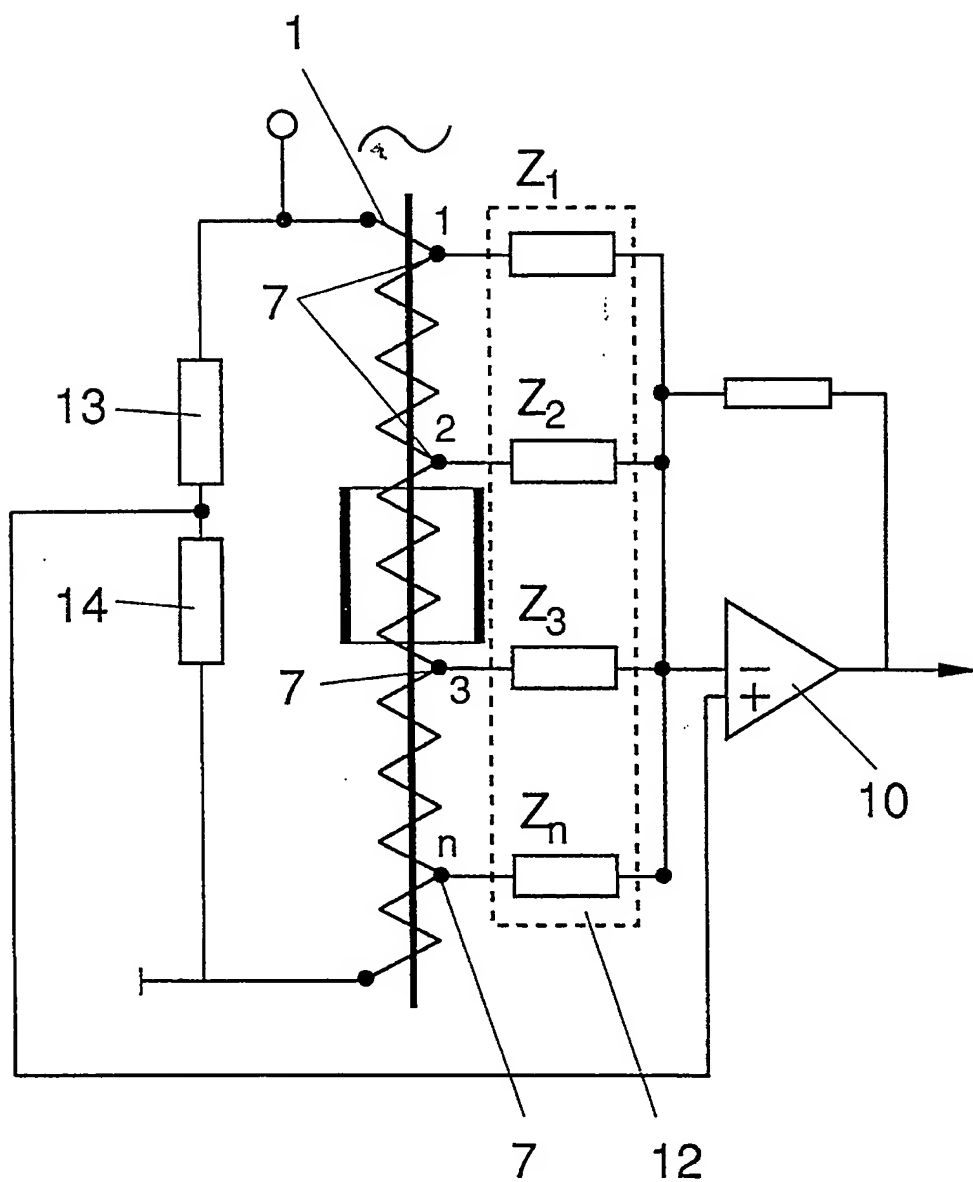


Fig. 4

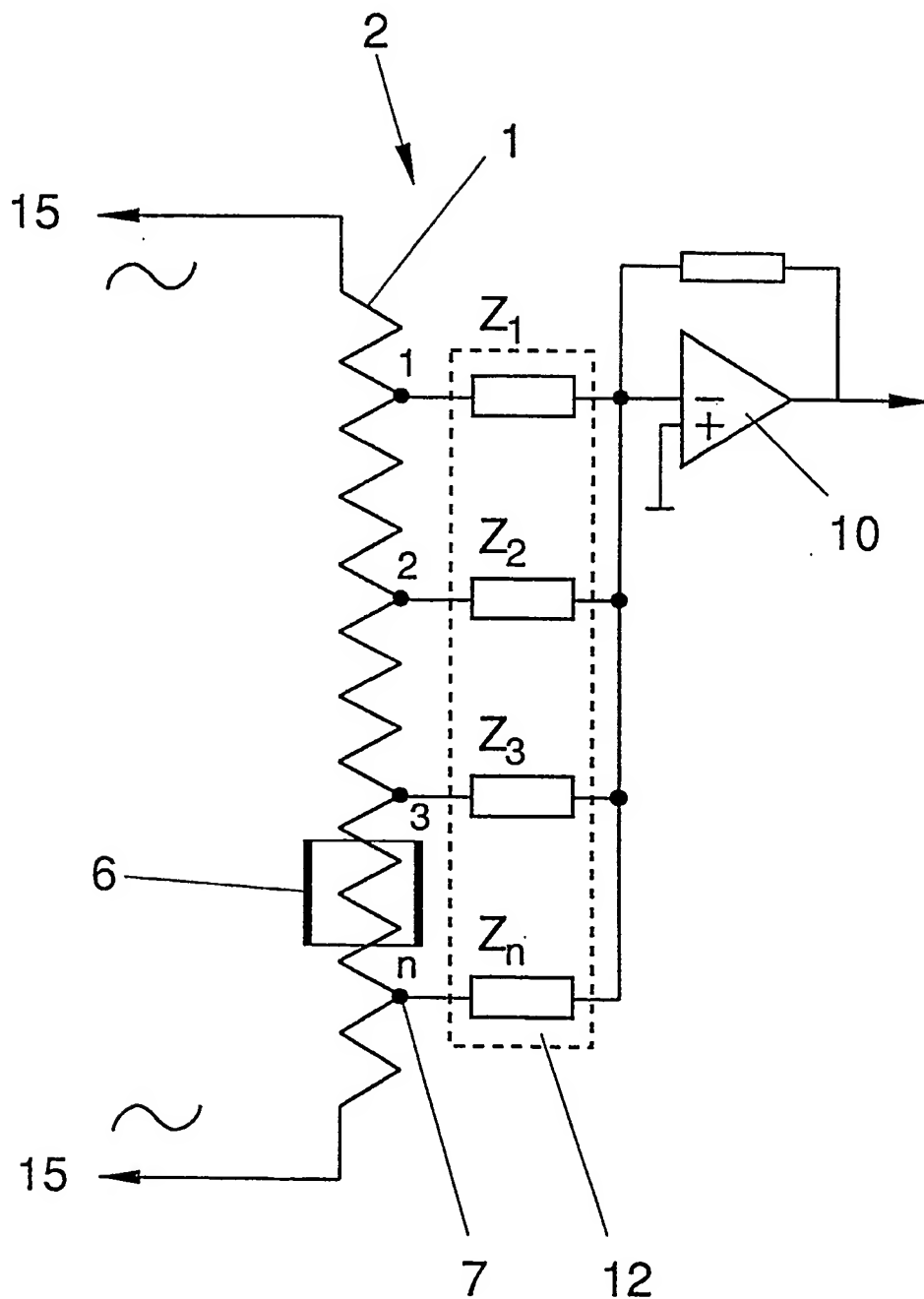


Fig. 5

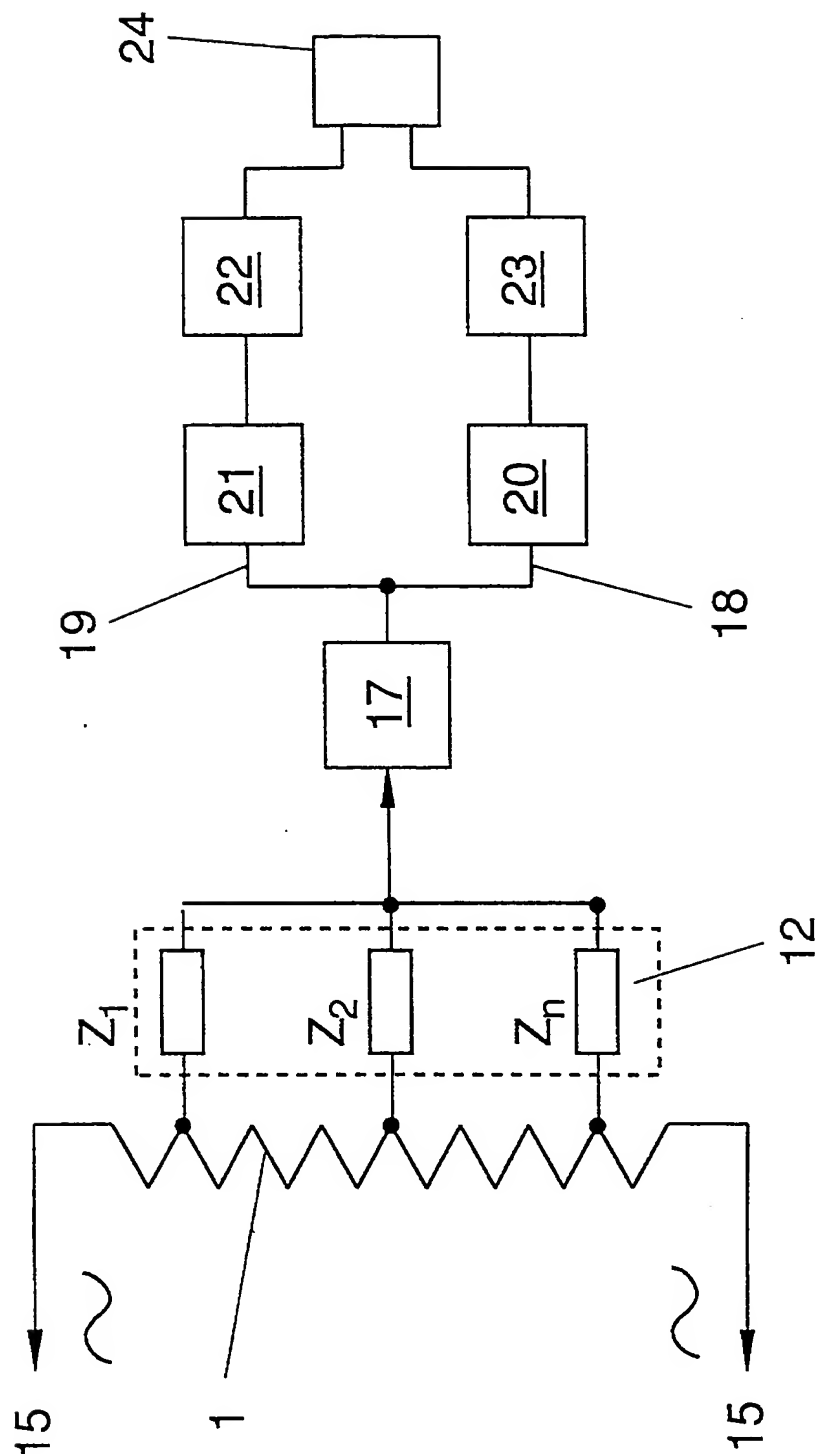


Fig. 6